

PERENCANAAN TEKNIS SISTEM PENYALIRAN TAMBANG BIJIH NIKEL PIT 1 PT. PRIMA ABADI KARYA, SITE TANGOFA, BUNGKU PESISIR, KABUPATEN MOROWALI, SULAWESI TENGAH

TECHNICAL PLANNING OF MINE DRAINAGE SYSTEM OF NICKEL ORE MINING PIT 1 PT. PRIMA ABADI KARYA, SITE TANGOFA, BUNGKU PESISIR, MOROWALI DISTRICT, CENTRAL SULAWESI

M Royan Firdaus¹, Maulana Yusuf², M Akib Abro³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya,
Jl. Sriwijaya Negara Bukit Besar, Palembang, 30139, Indonesia;
E-mail: firdaus.m.royan@gmail.com

ABSTRAK

PT. prima Abadi Karya merupakan perusahaan industri pertambangan bijih nikel yang berlokasi di site Tangofa, Provinsi Sulawesi Tengah dengan sistem penambangan menggunakan metode open pit mine. Sistem penyaliran yang diterapkan adalah mine dewatering dimana air limpasan yang masuk ke dalam tambang akan terakumulasi kedalam sumuran (sump) kemudian air dikeluarkan dengan pompa multiflo MF-100XHV dan mengalir pada pipa yang terdiri dari pipa hisap sepanjang 6 meter dan pipa buang HDPE sepanjang 231 meter menuju saluran terbuka sebelum masuk kedalam kolam pengendapan lumpur. Dengan intensitas curah hujan rencana pit 1, site Tangofa sebesar 6.96 mm/jam, maka debit air limpasan yang diperkirakan masuk kedalam tambang adalah sebesar 4519.8 m³/jam. Akan tetapi main sump pit 1 Tangofa yang berada pada elevasi +128 mdpl tidak dapat menampung debit air limpasan yang masuk sehingga ketika hujan turun terjadi banjir pada daerah sekitar sump yang memiliki elevasi yang lebih rendah. Untuk itu perlu dilakukan perencanaan kembali dimensi sump dengan luas permukaan sumuran 11449 m², luas dasar sumuran sebesar 8649 m² dan kedalaman sumuran 7 meter, maka volume sumuran yang dapat ditampung sebesar 70343 m³. Sebuah pompa multiflo weir yang digunakan adalah dengan besar debit actual dari pemompaan sebesar 936 m³/jam. Jumlah pompa yang ada dilapangan sudah cukup untuk mengurangi debit air pada sump dengan jam kerja pompa selama 20 jam. Debit air hasil pemompaan dibuang menuju saluran terbuka dengan panjang saluran 758 meter dan kemiringan dasar saluran sebesar 0,8%. Volume Kolam pengendapan lumpur rencana yang diperlukan adalah sebesar 69379 m³ dengan pengerukan kolam pengendapan lumpur dilakukan 4 kali dalam setahun.

Kata Kunci: mine dewatering, main sump, pompa.

ABSTRACT

PT. prima Abadi Karya is a nickel ore mining industry company located at Tangofa site, Central Sulawesi province with mining system using open pit mine method. The applied drainage system is mine dewatering where runoff water entering the mine will accumulate into the sump and then water is released with a MF-100XHV multiflo pump and flows to a pipe consisting of a 6-meter suction pipe and a 231 meter HDPE exhaust pipe to an open channel before entering into a mud sediment pond. With the rainfall intensity of pit 1 Tangofa site is 6.96 mm/hr, the runoff water discharge estimated to enter the mine is 4411 m³ / hr. However, sump pit 1 Tangofa which is at elevation +28 mdpl can't accommodate the discharge of runoff, so when it rains there is flood in the area around the sump which has lower elevation. Therefore, it is necessary to re-plan the sump dimension with the surface area of 11449 m², the basin of the basin is 8649 m² and the depth of 7 meters well, then the volume of wells that can be accommodated is 70343 m³. The pump that have been used with an actual pumping discharge of 936 m³/hr. The number of pumps in the field is enough to reduce the water discharge in the sump with the pump working hours for 20 hours. The

pumped water discharge is discharged to an open channel with a 758 meter channel length and a channel bottom slope of 0.8%. The Volume of settling ponds of the required sludge plan amounted to 69379 m³ with dredging sludge ponds conducted 4 times a year.

Keyword: mine dewatering, main sump, pump.

1. PENDAHULUAN

PT. Prima Abadi Karya adalah badan usaha pertambangan yang bergerak dibidang penambangan bijih nikel dan berada dibawah naungan PT. Total Prima Indonesia yang merupakan pemegang izin usaha pertambangan (IUP). Secara administratif wilayah usaha pertambangan (WUP) terletak di desa Tangofa, kecamatan bungku pesisir, kabupaten morowali, provinsi sulawesi tengah dengan luas izin usaha pertambangan sebesar 1142 Ha dan telah memproduksi sekitar 15 ton bijih nikel setiap bulanya.

Sistem penyaliran yang diterapkan di PT. Prima abadi Karya yaitu sistem terbuka, dengan suatu usaha memanajemen air tambang dengan cara membuat sumuran[1]. Perlu dilakukanya manajemen air limpasan sebab dikarenakan kelimpahan air pada *front* mempengaruhi aktifitas yang ada di daerah tambang, terlebih saat musim hujan akan lebih berpengaruh lagi terhadap kelangsungan penambangan[2].

Pada *main sump* pit 1 tangofa permukaan air limpasan sudah mencapai elevasi +128 mdpl dengan volume air sebesar 90288 m³, sedangkan proses penambangan dilakukan pada elevasi yang lebih rendah. Ketika hujan turun, main sump yang ada tidak dapat menampung debit air yang masuk. Air yang tidak dapat ditampung oleh sump menggenangi daerah sekitarnya yang memiliki elevasi lebih rendah, termasuk wilayah kerja penambangan. Dari hasil pengamatan dilapangan, dimensi sump perlu dilakukan perencanaan kembali agar air limpasan dapat ditampung oleh sump dan tidak menggenangi area penambangan yang berada dielevasi yang lebih rendah.

Permasalahan yang dibahas pada penelitian ini adalah Berapa total debit air pada site Tangofa? Berapa besarnya dimensi *sump* diperlukan pada site Tangofa? Berapa ukuran saluran terbuka dibutuhkan pada front penambangan tangofa? Berapa jumlah pompa yang dibutuhkan untuk mengurangi debit air limpasan pada *main sump*? Dimensi kolam pengendapan lumpur rencana yang dibutuhkan pada pit 1 Tangofa?

Tujuan dilakukan penelitian ini adalah untuk Mengetahui total debit pada *site* Tangofa. Menghitung dimensi *sump* diperlukan pada *site* Tangofa. Menentukan dimensi saluran terbuka yang diperlukan untuk penyaliran pada tambang. Menentukan jumlah pompa yang dibutuhkan untuk mengurangi debit ait pada *main sump*. Menentukan dimensi kolam pengendapan lumpur untuk mengendapkan lumpur dari hasil pemompaan.

Penyaliran tambang dapat dikatakan juga mengurus masalah air didalam *pit*. Dilakukanya hal ini agar aktifitas penambangan supaya tidak terganggu dan menjaganya dari air yang jumlahnya berlebih, terlebih ketika musim hujan maka air semakin meningkat sehingga sangat mempengaruhi aktifitas penambangan yang dilakukan pada site Tangofa.

Pada permukaan atau didalam bumi terjadi proses sebuah daur pada air [3]. Terjadinya penguapan dan pengkondensasian air ke udara dan jatuh ke tanah kembali bisa dikatakan daur hidrologi[4]. Ketika evaporasi terjadi bersamaan transpirasi disebut juga evapotranspirasi [5]. Terjadinya pengaliran dari titik daerah berelevasi tinggi ke rendah dan terkumpul menjadi satu disebut juga limpasan [6].

Untuk mendapatkan harga curah hujan rencana, diperoleh dengan persamaan *Gumbell* sebagai berikut :

$$X_t = X + (k \times S) \quad (1)$$

Keterangan:

X_t = Curah hujan rencana

X = rata-rata Curah hujan maksimum

K = Faktor Frekuensi

S = Deviasi standar

Intensitas hujan adalah ditentukan pada waktu tertentu terhadap curah hujan [4]. Nilai dari intensitas hujan dapat diperoleh dengan persamaan Mononobe berikut :

$$I = \frac{R_{24}}{24} + \left(\frac{24}{t_c} \right)^{\frac{2}{3}} \quad (2)$$

Keterangan:

I = Intensitas rencana (mm/jam)

R = Curah hujan rancangan (mm/hari)

t_c = Lama waktu hujan (jam)

Harga debit limpasan itu akan berpengaruh pada sistem penyaliran di *front* penambangan. Perolehan debit limpasan dihitung dari rumus rasional yaitu. :

$$Q = C \times I \times A \quad (3)$$

Keterangan:

C = Nilai Dari Koefisien *runoff*

A = Besar Catchment area (m²)

I = Intensitas (mm/jam)

Air limpasan hasil dari pemompaan akan dialirkan di dalam saluran terbuka menuju kolam pengendapan lumpur. untuk mengetahui dimensi saluran terbuka dapat diperoleh dari persamaan *Manning* berikut :

$$Q = A \cdot (S)^{1/2} \cdot (R)^{2/3} \cdot 1/n \quad (4)$$

Keterangan:

R = Jari-jari hidrolis

S = Kemiringan dasar saluran (%)

A = Luas penampang

Q = Debit pada saluran

n = Koefisien Manning

Head pompa/addition berkaitan dengan sistem perpipanya [7]. Perhitungan *head* pompa dapat dilakukan menggunakan rumus *Bernoulli* berikut:

$$H_A = Z_2 + H_L + \frac{V_2^2}{2g} \quad (5)$$

Keterangan:

H_A = *head* pompa yang dibutuhkan (m)

Z₂ = ketinggian diukur dari bidang referensi (m)

V₂ = Kecepatan aliran pada pipa keluar (m/s)

g = percepatan gravitasi (m/s²)

H_L = *head* loss (m)

Mengalirkan dari tempat bertekanan lebih rendah dan menghasilkan suatu tekanan pada fluida dan Melakukan penekanan dan menghisap terhadap fluida tersebut merupakan prinsip pompa [7].

2. METODE PENELITIAN

Lokasi Penelitian terletak di PT. Prima Abadi Karya *site* Tangofa, Kabupaten Morowali, provinsi Sulawesi Tengah. Penelitian berlangsung selama 5 minggu, dimulai dari tanggal 17 Juli 2017 dan berakhir pada tanggal 24 Agustus 2017. Penelitian diawali dari studi literatur yaitu mempelajari literatur - literatur yang terkait dengan sistem penyaliran pada tambang sebagai landasan dalam melakukan penelitian dilapangan. Setelah melakukan studi literatur, dilanjutkan dengan penelitian dilapangan. Pada tahap ini peneliti melakukan observasi dari kondisi dilapangan sehingga didapatkan permasalahan aktual agar mendapatkan solusi yang tepat bagi perusahaan.

Pengambilan data dilakukan berdasarkan permasalahan yang ada pada perusahaan. pengambilan data ini terbagi menjadi data sekunder dan juga primer. Kumpulan data yang didapat dari lapangan (primer) terdiri dari waktu kerja pompa dan panjang pipa yang digunakan. Data sekunder yang diperoleh dari perusahaan yaitu terdiri dari data curah hujan tahunan, luas dari daerah tangkapan hujan, head pompa aktual, temperatur rata-rata dan spesifikasi pompa. setelah data primer dan data sekunder didapatkan, maka dapat dilakukan pengolahan dan analisis dari data tersebut. Pengolahan dan analisis data ini dilakukan berdasarkan dari studi literatur sebelumnya sebagai landasan dalam melakukan penelitian.

Pengolahan dan Analisis data dilakukan dengan data primer dan data sekunder dari perusahaan. Pengolahan data dapat dilakukan setelah diperoleh data dari lapangan maupun data sekunder. Dikarenakan pengolahan data terdiri dari beberapa variabel, maka perhitungan dari pengolahan data tersebut dilakukan dengan rumus – rumus yang ada pada literatur. Data hasil dari perhitungan tersebut kemudian dianalisis sebagai perencanaan sistem penyaliran yang terdiri dari debit air limpasan rencana, volume sump rencana, kebutuhan pompa dan dimensi saluran terbuka rencana dan kapasitas kolam pengendapan lumpur yang dibutuhkan. Dari hasil analisis ini diharapkan menjadi bahan pertimbangan perusahaan untuk mengatasi masalah air yang ada di dalam area penambangan pit 1 Tangofa.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Total Debit Limpasan pada *site* Tangofa

3.1.1 Penentuan Curah Hujan Site Tangofa dan Intensitasnya.

Dalam menentukan curah hujanya *site* Tangofa, diperlukan data tahunanya pada pit 1 tangofa. Data curah hujan yang digunakan adalah data 10 tahun yaitu tahun 2007 sampai tahun 2016, didapatkan nilai dari curah hujanya *site* Tangofa adalah 46.46 mm/jam. Jam hujan maksimum rata-rata perbulanya adalah 3.52 jam, maka nilai dari intensitas hujan rencana adalah 6.96 mm/jam.

3.1.2. Debit Limpasan Hujan

Debit limpasan air pada pit 1 tangofa dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan rasional. Dengan besarnya intensitas hujan rencana 6.96 mm/jam, Luas daerah tangkapan hujan 721707 m² dan koefisien pengaliran sebesar 0,9 maka didapatkan nilai debit limpasan yang masuk kedalam pit 1 tangofa sebesar 4520.77 m³/jam.

3.1.3. Debit Air Tanah

Dalam menentukan besarnya debit air tanah dilakukan pengamatan langsung dilapangan dengan mematikan pompa pada *main sump* pada saat cuaca tidak turun hujan. Setelah dilakukan pengamatan dilapangan tidak terjadi perubahan besar ketinggian permukaan debit air pada *sump* hanya 9 mm setelah dimatikan pompa pada kurun waktu 19.79 jam. Sehingga dapat diasumsikan debit air tanah pada *site* Tangofa 1.23 m³/jam.

3.1.4. Evapotranspirasi

Perhitungan dalam menentukan nilai evapotranspirasi dapat diperoleh dengan rumus *turc*. Dari hasil pengolahan data diperoleh daerah yang memungkinkan terjadinya evaporasi seluas 15877 m² atau 2,1 % dari total luas *catchment area* yaitu 721707 m² dengan penguapan air sebesar 2.2 m³/jam.

3.1.5. Total Debit Air yang Masuk kedalam *Main Sump*

Dengan debit limpasan sebesar 4520.77 m³/jam, debit air tanah 1.23 m³/jam dan debit evapotranspirasi 2.2 m³/jam maka total debit air yang diperkirakan masuk kedalam *main sump* adalah :

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{Total}} &= Q_{\text{limpasan}} + Q_{\text{air tanah}} - \text{Evapotranspirasi} \\
 &= 4520.77 \text{ m}^3/\text{detik} + 1.23 \text{ m}^3/\text{detik} - 2.2 \text{ m}^3/\text{detik} \\
 &= 4519.8 \text{ m}^3/\text{jam}
 \end{aligned}$$

Dengan total debit limpasan yang masuk adalah 4519.8 m³/jam, maka volume sump Tangofa yang ada sebesar 14350 m³ dengan luas permukaan sekitar 2500 m² dan luas dasar sump sekitar 1600 m² belum cukup untuk menampung jumlah air yang masuk kedalam sumuran tersebut. Sehingga dilakukan perencanaan dimensi sump kembali dengan volume 2 kali lebih besar dari *sump* sebelumnya

3.3 Dimensi sump rencana

Main sump akan dinyatakan sangat aman bila hujan selama sehari dan mampu menampung air tanpa adanya pemompaan [8]. Permukaan air pada *sump* direncanakan berada di elevasi +128 dan volume air yang dapat ditampung sebesar 70343 m³. Oleh sebab itu perlu dilakukan perencanaan ulang dimensi *sump* untuk mengatasi kelebihan volume air yang ada. Bentuk dari sumuran adalah trapesium, bersudut 45° dengan kedalaman minimal 7 meter. Sehingga untuk menjaga air tidak tumpah dari sumuran, dimensinya adalah luas permukaan sumuran 11449 m² dan Luas dasar sumuran sebesar 8649 m².

Sistem penyaliran pada pit 1 site Tangofa menggunakan sistem open sump dimana air limpasan yang masuk kedalam tambang akan masuk kedalam sumuran pada elevasi +128 mdpl. Air limpasan yang masuk kedalam sump (sumuran) berasal dari air limpasan hujan yang terjadi di daerah tangkapan hujan dan ditambah debit yang berasal dari air tanah yang ada di pit 1 site Tangofa.

3.4. kebutuhan Pompa

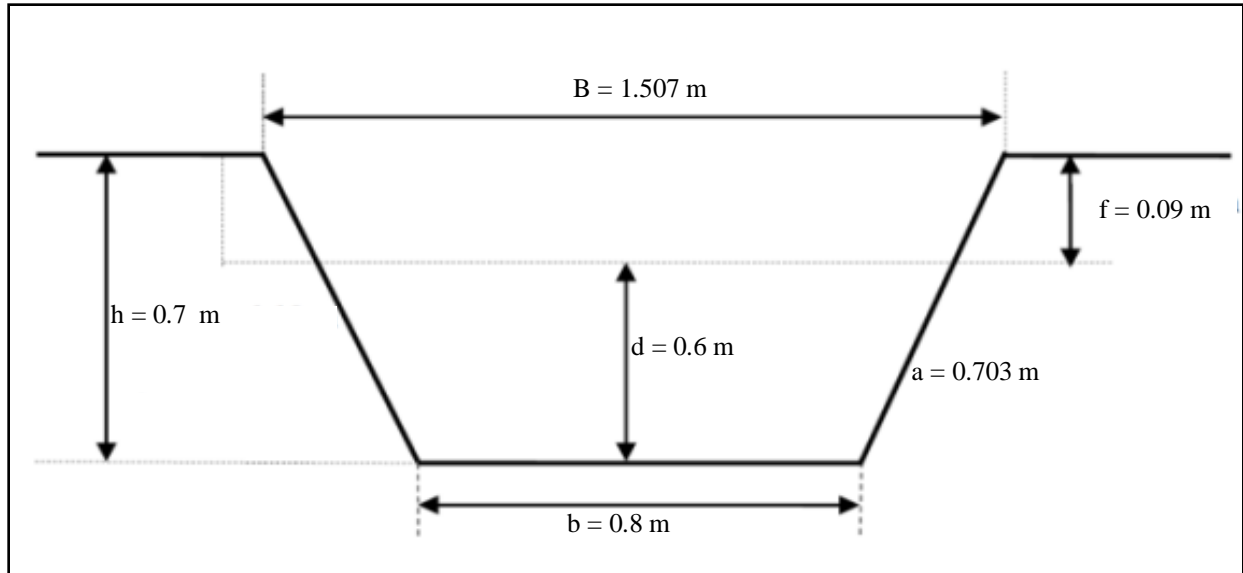
pemindahan cairan dari satu tempat ke lainya pada alat angkut merupakan fungsi dari pompa[9]. Air limpasan yang terakumulasi pada *sump* akan dipompakan masuk ke dalam pipa hisap *rubber horse* sepanjang 6 meter dengan elevasi hisap +128 mdpl kemudian keluar melalui pipa buang sepanjang 225 m pada elevasi buang +176 mdpl. Pipa yang digunakan jenis HDPE (*High Density Poly ethylene*) dengan diameter 0.203 m. Pipa buangan memiliki nilai koefisien kondisi pipa sebesar 140. Pada rangkaian pipa memiliki 2 belokan dengan sudut 90° dan panjang ekuivalen pipa buang adalah 8,12 m. Sedangkan Pompa yang digunakan pada *main sump*, *site* Tangofa adalah 1 unit pompa dengan merk multiflo MF-100XHV. Agar dapat mengalirkan air limpasan vertikal keatas pada pipa maka perlu diketahui *head* pompanya. Julang (*head*) pompa adalah energi yang harus diberikan atau ditambahkan untuk dapat mengalirkan fluida atau air yang akan dipompakan keatas.

Dalam menentukan nilai dari *head* pompa yang dibutuhkan, digunakan persamaan *Bernoulli* dan didapatkan dari hasil perhitungan sebesar 51.67 m dengan debit pompa 0.26 m³/detik, putaran mesin 1100 rpm dan efisiensi mesin 75 %. Kondisi ini menunjukan cukup baik untuk mesin pompa. Dengan asumsi massa jenis air (ρ) adalah 1000 kg/m³ dan percepatan gravitasi (g) 9,8 m/s², maka didapatkan perhitungan nilai dari daya pompa adalah 193 KW dan daya motor sebesar 257 KW. Dengan debit limpasan air yang masuk ke *sump* adalah sebesar 4519,08 m³/hari dan jam kerja dari pompa 20 jam, maka jumlah pompa yang dibutuhkan pada sump adalah sebanyak 1 unit pompa. Hal ini menunjukan jumlah pompa yang ada sudah cukup untuk mengeluarkan debit limpasan ke luar area tambang.

3.5. Dimensi Saluran Terbuka

Sebelum merancang dimensi saluran, langkah yang pertama harus diketahui adalah berapa debit rencananya. Ketepatan dan menetapkan besarnya debit air yang harus dialirkan melalui saluran drainage pada daerah tertentu, sangatlah penting dalam menentukan dimensi saluran. Dimesi saluran yang terlalu besar berarti tidak ekonomis, namun bila terlalu kecil akan mempunyai tingkat ketidakberhasilan yang tinggi [10].

Diketahui debit air hasil dari pemompaan yang masuk kedalam saluran terbuka adalah sebesar 0.8 m³/s, maka dimensi saluran terbuka yang dibuat harus dapat menampung debit air pemompaan. Perencanaan dimensi saluran terbuka diperoleh dengan menggunakan persamaan *manning* yaitu dengan lebar dasar saluran (b) 0.8 m, tinggi permukaan air (d) 0.6 m, (a) panjang dinding 0.703 m, kemiringan dasar (s) 0.8 %, lebar permukaan saluran air (B) 1.507 m, tinggi jagaan (f) 0.09 m dan kedalaman saluran 0.7 m. Untuk lebih memahami ukuran saluran terbuka tambang rencana yang perlu dibuat pada perencanaan sistem penyaliran site Tangofa, dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Dimensi rencana saluran tambang

Saluran terbuka dibuat berada pada elevasi tertinggi +176 mdpl dan memiliki panjang 758 m. Air limpasan yang masuk kedalam saluran berasal dari hasil pemompaan dan langsung dialirkan menuju kolam pengendapan lumpur pada elevasi +164 mdpl yang berada diluar pit 1 agar air tidak mencemari lingkungan.

3.6. Kolam Pengendapan Lumpur

Kolam pengendapan berfungsi sebagai tempat penampungan lumpur dan partikel-partikel yang dibawa aliran air, sebelum air tersebut dialirkan kembali ke sungai. Debit air yang masuk kedalam kolam pengendapan lumpur berasal dari saluran terbuka yaitu $0,8 \text{ m}^3/\text{s}$. Kadar lumpur yang terkandung pada air yang diasumsikan adalah 1 %, maka volume lumpur selama satu tahun adalah 252288 m^3 .

Pengerukan kolam pengendapan lumpur direncanakan dilakukan 4 kali dalam setahun, maka volume lumpur pada setiap pengerukan adalah 63072 m^3 . Sehingga dimensi kolam pengendapan lumpur yang harus dibuat setidaknya dapat menampung volume lumpur pada setiap pengerukan ditambah 10% sebagai volume jagaan yaitu sebesar 69379 m^3 . Dimensi kolam pengendapan lumpur direncanakan memiliki panjang 110 m, lebar 90 m dengan kedalaman kolam 7 meter.

4. KESIMPULAN

Dari penelitian pada *site* Tangofa yang sudah dilakukan dapat disimpulkan :

1. Total debit air yang diperkirakan masuk kedalam tambang adalah $4519.8 \text{ m}^3/\text{jam}$, dengan luas *catchment area* 721707 m^2 , intensitas hujan rencana sebesar $6.96 \text{ mm}/\text{jam}$, dan lama maksimal jam hujan yaitu 3.52 jam. Dimensi saluran terbuka dan *main sump* yang diperlukan yaitu :
2. Dimensi *sump* rencana yang diperlukan untuk menampung air limpasan yaitu dengan luas permukaan sumuran 11449 m^2 dan luas dasar sumuran sebesar 8649 m^2 , serta kedalaman 7 meter. *main sump* dibuat berbentuk trapesium dan dapat menampung volume air limpasan sedikitnya 70343 m^3 .
3. Saluran terbuka yang direncanakan akan dipakai untuk jangka waktu yang cukup lama, setelah dilakukan perhitungan menggunakan rumus *Manning* diperoleh dimensi saluran terbuka yang dibutuhkan yaitu lebar dasar (b) 0.8 m; (B) lebar permukaan 1.507 m; (h) kedalaman 0.7 m, dengan debit aliran sebesar $0.8 \text{ m}^3/\text{detik}$.
4. Jumlah pompa yang dibutuhkan dalam sistem penyaliran di pit 1, *site* Tangofa sebanyak 1 unit dengan merk pompa yang digunakan yaitu Multiflo MF-100XHV dan total debit pemompaan rencana sebesar $0.26 \text{ m}^3/\text{detik}$.
5. Volume kolam pengendapan rencana yang diperlukan untuk mengendapkan lumpur hasil pemompaan adalah sebesar 69300 m^3 , dengan dimensi kolam yaitu : pajang (p) 110 meter, lebar (l) 90 meter dan kedalaman kolam (h) 7 meter. pengerukan kolam dari dasar kolam dilakukan empat kali dalam setahun.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Adrien, N. G. (2003). *Computational Hydraulics and Hydrology*. USA: CRC Press.
- [2] Awang, S. (2004). *Perencanaan Sistem Penyaliran Tambang*. Bandung: Diklat Perencanaan Tambang Terbuka, Unisba.
- [3] Olson M Ruben & Wright J Steven. (1993). *Dasar-dasar Mekanika Fluida Teknik*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- [4] Soemarto C.D. (1995). *Hidrologi Teknik Edisi 2*. Jakarta : Penerbit Erlangga.
- [5] Syehan, E. (1990). *Dasar-Dasar Hidrologi*. Yogyakarta: GajahMada University Press.
- [6] Sularso, & Tahara, H. (2000). *Pompa dan Kompresor*. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.
- [7] Suyono, S., & Takeda, K. (1983). *Hidrologi Untuk Pengairan*. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.
- [8] Pratama, A. (2017). *Kajian Teknis Sistem Penyaliran Guna Menanggulangi Air Tambang Pada Tambang Batubara Pt. Baturona Adimulya (Persero), Musi Banyuasin, Sumatera Selatan*. Skripsi. Fakultas teknik : Universitas Sriwijaya.
- [9] Kodoatie J Robert. (1996). *"Pengantar Hidrogeologi"*. Yogyakarta : Penerbit Andi.
- [10] Edisono. (1997). *Drainase Perkotaan*. Jakarta: GunaDarma.